

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **03-141544**

(43)Date of publication of application : **17.06.1991**

(51)Int.Cl.

H01J 37/20

H01J 37/28

(21)Application number : **01-279220**

(71)Applicant : **BROTHER IND LTD**

(22)Date of filing : **26.10.1989**

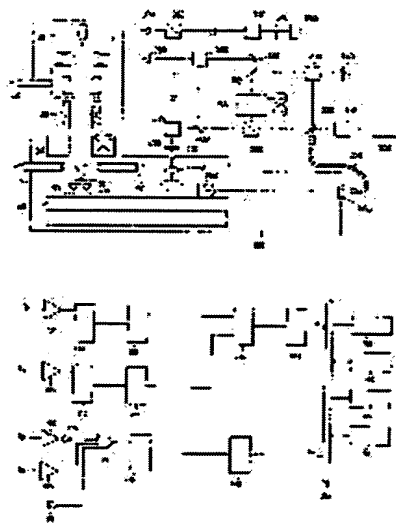
(72)Inventor : **BESSHO YOSHINORI
YAMAMOTO TAKEMI**

(54) SCANNING ELECTRON MICROSCOPE PROVIDED WITH LASER DISPLACEMENT GAUGE

(57)Abstract:

PURPOSE: To offer a device capable of directly measuring the three-dimensional configuration of an object having an area of several micrometers square at a resolution of several tens of \AA in all three dimensions by providing a high-resolution laser displacement gauge.

CONSTITUTION: A portion to be measured is observed and set by a scanning electron microscope (SEM) and is moved by a predetermined distance toward a position where it is irradiated with laser, and is then accurately positioned by a fine adjusting mechanism. After positioning is completed, a sample is scanned in the xy directions by the fine adjusting mechanism 85 and the recessed and projecting portions of the sample are given as the phase differences of light. Z is measured while thus performing xy-scanning of the sample by the fine adjusting mechanism, and thereby points (x, y, z) on the sample surface are found and an image is three-dimensionally displayed on a graphic display 170 according to a program written on ROM 160 and the image is compared with that formed by the SEM and the image of the SEM is moved in the direction of the Z with an extremely accurate value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑯ 日本国特許庁(JP)

⑰ 特許出願公開

⑱ 公開特許公報(A) 平3-141544

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成3年(1991)6月17日

H 01 J 37/20
37/28

9069-5C
9069-5C

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑥ 発明の名称 レーザ変位計を備えた走査型電子顕微鏡

② 特 願 平1-279220

② 出 願 平1(1989)10月26日

⑦ 発 明 者 別 所 芳 則 愛知県名古屋市瑞穂区堀田通9丁目35番地 プラザー工業株式会社内

⑦ 発 明 者 山 本 健 美 愛知県名古屋市瑞穂区堀田通9丁目35番地 プラザー工業株式会社内

⑦ 出 願 人 プラザー工業株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号

明 細 書

1. 発明の名称

レーザ変位計を備えた走査型電子顕微鏡

2. 特許請求の範囲

1. 走査型電子顕微鏡であって、Z方向に数μmの分解能を持つレーザヘテログイン干渉計と、該干渉計まで移動させる移動機構と、精密位置決めする為の微動機構及び移動量測定用同レーザヘテログイン干渉計とを備えた事を特徴とする走査型電子顕微鏡。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は電子顕微鏡に関するものである。

[従来技術]

従来の電子顕微鏡では、x y方向には数十μmの分解能で直接測定していたが、Z方向には直接測定する方法がないため、試料台傾斜法或いは複数検出器法で間接的にデータを得ていた。

[発明が解決しようとする課題]

しかしながら、試料台傾斜法では、一つの画像

を取り込んだ後に試料台を傾斜して、次の画像を取り込みステレオ法或いは視差の原理で立体像を算出するのであるが、2つの画像間における対応点マッチングという膨大な計算を行わなければならない、精度も上がらなかった。又、複数検出法では、検出器の信号強度の組より試料表面の角度を求め、 $Z_j = Z_0 + 1 / 2 \sum_{n=0}^{j-1} (A_n + A_{n+1})$ という近似式で各点を求めていた。

ここでZ_jはj番目の高さ、A_nはn番目の傾きである。しかしながら上記方式では、積分していくに従い、即ちjの数が大きくなればなる程誤差が累積し形が歪むという欠点があった。

本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、既存の走査型電子顕微鏡にレーザ変位計を備え、3次元とも数十μmの分解能で数μm角の物体の3次元形状を直接測定できる装置を提供するものである。

[課題を解決するための手段]

この目的を達成するために本発明では、走査型電子顕微鏡に、Z方向に数μmの分解能を持つレ-

ザヘテロダイン干渉計と該顕微鏡内に、該干渉計まで試料を移動させるための移動機構と、精密位置決めする為の微動機構及び移動量測定用のレーザー干渉計を備えている。

〔作用〕

上記構成を有する本発明において、移動機構は、試料を電子線照射位置からレーザー照射位置まで移動させ、微動機構及び移動量計測用レーザー干渉計を用いて、あらかじめ設定された距離を極めて正確に（例えば精度1nmで）移動させ、電子線照射された試料上位置とほぼ同じ位置にレーザー光が照射されるようにする。

又上記微動機構は、試料をX、Y方向に微動させ、その試料の凹凸に従い照射されたレーザー光の反射光に位相変化を与える。

又試料の凹凸による位相変化を受けたレーザー光は、光ヘテロダイン干渉光学系で、ヘテロダイン検波され、更に基準ビート信号と比較する事により上記位相変化を検出し、入の凹凸を検出測定するのである。

ブリッター（以下BSと略す）で第1ヘテロダイン干渉用ビーム（反射光）と第2ヘテロダイン干渉用ビーム（透過光）に分けられる。この時偏波面は、S波（つまり紙面に垂直）になっているものとする。第2ヘテロダイン用ビームは更にNPBS（290）によって被変調用ビームと凹凸測定用ビームとに分けられる。被変調用ビームは音響光学変調器等からなる光周波数シフターにより例えば100KHz程シフトされ、一部はBS（310）、NPBS（230）を経てセンサー（240）に入り又一部はBS（320）、NPBS（380）を経て、センサー（390）に入る。BS（320）を通過した変調ビームは、偏光ビームスプリッタ（以下PBS）により反射され $\lambda/4$ 板（340）、反射ミラー（350）そして再び $\lambda/4$ 板（340）を通過し、PBS（330）に入る。この時点では、 $\lambda/4$ 板（340）を2回通過しているのでP波となっており、従ってPBS（330）を今度は通過した後、NPBS（360）を経て、センサー（370）に

〔実施例〕

以下、本発明を具体化した一実施例を図面を参照して説明する。

第1図における図番号10～85は従来型の走査型電子顕微鏡と同じ構成を示すものである。電子線照射位置とレーザー光照射位置は、後述するレーザー干渉計であらかじめ精密に測定しておく。走査型電子顕微鏡（以下SEMと略す）で、測定箇所を観察及び設定し、決められた距離だけレーザー照射位置方向に移動し、更に微動機構により精密に位置決めする。位置決め終了後、微動機構（85）により試料xy方向にスキャンし、レーザー反射光に試料の凹凸を光の位相差として与える。位相差情報をもった反射光は、無偏光ビームスプリッタ（以下NPBSと記す）で合波、所謂光ヘテロダイン検波され、センサー（390）に検知されるのである。

以下光の経路を追って詳細に説明する。

レーザー光源（200）を出たレーザーは戻り光防止用アイソレータ（210）を通りビームス

入る。以上光周波数シフター（300）を経て、センサーに入った光の周波数は、元の光周波数を f_0 とすると全て $f_0 + 100\text{KHz}$ になっているのである。

又、凹凸測定用のビームはBS（400）によって一部反射されてNPBS（380）で先の変調光と合波された後、センサー（390）に入る。この時、BS（400）を経てセンサー（390）に入った光の周波数は f_0 であるので、センサー（390）上では、先の変調光とヘテロダイン干渉する事になり、常に100KHzのビート信号が検出されるのである（以下基準信号 f_B と記す）。

さて、BS（400）を通過した凹凸測定用ビームは、P/S波であるので、PBS（410）で反射され、その後、 $\lambda/4$ 板（420）ウィンド（430）及び対物レンズ（400）を経て、試料上凹凸部に届く。試料は常にスキャンされて移動している事から、レーザー光は試料上の凹凸によりドップラーシフト $\Delta f_z = -1/\lambda \cdot 2V = -1/\lambda \cdot 2 \frac{\lambda f_0}{c} = -1$ を受け $f_0 + \Delta f_z$ の

光周波数となって、PBS(410)に入る。この時、 $\lambda/4$ 板(420)を2回通過した事からP波となっており、PBS(410)を通過する。通過したビームは、NPBS(360)で先の変調光($f_0 + 100\text{KHz}$)と合波されてセンサー(370)に入る。センサー(370)では、($f_0 + \Delta f_0$)と($f_0 + 100\text{KHz}$)のヘテロダイン干渉(或いは検波)が起こり、その結果 $100\text{KHz} + \Delta f_z$ の測定信号(以下 f_D で略す)が得られるのである。そして Δf は f_B と f_D を比較する事で求まるのである。又凹凸量 Z は上式(1)より $Z = \lambda/2 \int_0^T \Delta f dt$ と $\Delta f = f_D - f_B$ より $Z = \lambda/2 \int_0^T (f_D - f_B) dt = \lambda/2 [C_D - C_B]$ となり第2図に示す信号処理ブロック図で求まるのである。一方BS(220)で反射された第1ヘテロダイン干渉用ビームは、光ファイバー(250)、ウィンド(260)を経てキャッツ・アイ(280)に反射され逆の経路を経て、NPBS(230)で先の変調光と合波されセンサー(240)に入る。移動機

$D - C_B]$ のうち($C_D - C_B$)の整数値 N をバスに出すのである。ところが実際は、移動量及び凹凸量は $\lambda/2$ 毎の整数値の他に $\lambda/2$ 以下の少数部もあるので、それを求めるために f_D と f_B と高周波クォーツクロックのANDをとりカウンタ(130)で計数し、ラッチ(145)と同じタイミングでラッチしバス(150)に M 値として出力する。詳細を第3図に示す。この時、計数値の最大値は、 f_0/f_B であり例えば、 $f_0 = 100\text{MHz}$ 、 $f_B = 100\text{KHz}$ とすると最大値は1000となる。cpu(155)は、ラッチ器(140)の M 値を読み $M/1000$ を計算し少数部とするのである。つまり、整数部少数部をまとめる $Z = \lambda/2 (N + M/1000)$ となり分解能 $\lambda/2000$ ($\approx 3\text{\AA}$)で変位が測定できるのである。X方向の移動量も全く同じ原理で測定できるのである。

このように微動機構によりxyスキャンしながら Z を測定する事により試料表面上のポイント(x, y, z)が求まり、ROM(160)に書

く及び微動機構が動く、前回と同様にドップラシフト Δf_x が起こる為、センサー(240)では $f_L = 100\text{KHz} + \Delta f_x$ のビート信号が検出される。 Δf_x と移動量 X と関係は、ドップラーの公式 $\Delta f_x = 2/\lambda \cdot V_x = 2/\lambda \cdot \frac{dX}{dt}$ より求まり $X = \lambda/2 \int_0^T \Delta f_x dt = \lambda/2 \int_0^T (f_L - f_B) dt = \lambda/2 [C_L - C_B]$ となる。信号処理回路は、第2図に示したものと全く同一のものを使用し、 f_D を f_L に変更するだけでよい。

次に信号処理ブロック図を第2図を用いて簡単に説明する。測定信号 f_D (又は f_L)と基準信号 f_B をコンパレータ(105)に入力し矩形波に変換し、カウンタ(110)を入力する。このカウンタ値は図示しないタイミングによってラッチ器(115)によってラッチされ、引き算器(135)に渡される。引き算器の結果も図示しないタイミングによってラッチ器(145)にラッチされ、バス(150)に出される。つまりこのラッチ器(145)は、前出の $Z = \lambda/2 [C$

かれたプログラムに従って、グラフィックディスプレイ(170)に3次元表示され、先のSEMによる画像と比較され、SEMの画像を2方向に極めて精度のよい値を与えるのである。尚、(165)は計算に使用するRAMである。又光ヘテロダイン光学系については、第4図に示した二周波直交ゼーマンレーザー等を使い構成してもよいのである。その他一々例示はしないが、当業者の知識に基づき様々な態様で変形して構成できるものとする。

[発明の効果]

以上詳述したことから明らかなように、本発明によれば、本装置は、高分解能レーザー変位計を備えているので、SEMでは正確に測定できない高さ方向も数 \AA の分解能で測定できるというメリットがある。

4. 図面の簡単な説明

第1図から第4図までは本発明を具体化した実施例を示すもので、第1図は、ヘテロダイン光学系の配置図、第2図は、信号処理ブロック⁽¹²⁾、第3

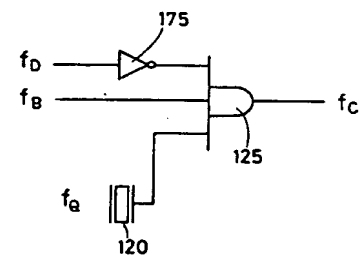
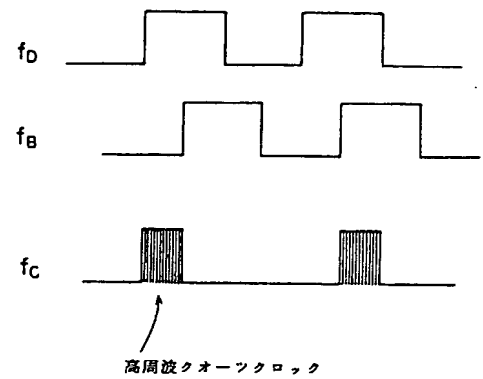
図は、小数部カウントの説明図、第4図は、他の実施例を示す図である。

図中、10はFE電子銃、20は偏向コイル、70は試材、85は微動機構、90は移動ステージ、200はレーザー光源、370、390はフォトセンサーである。

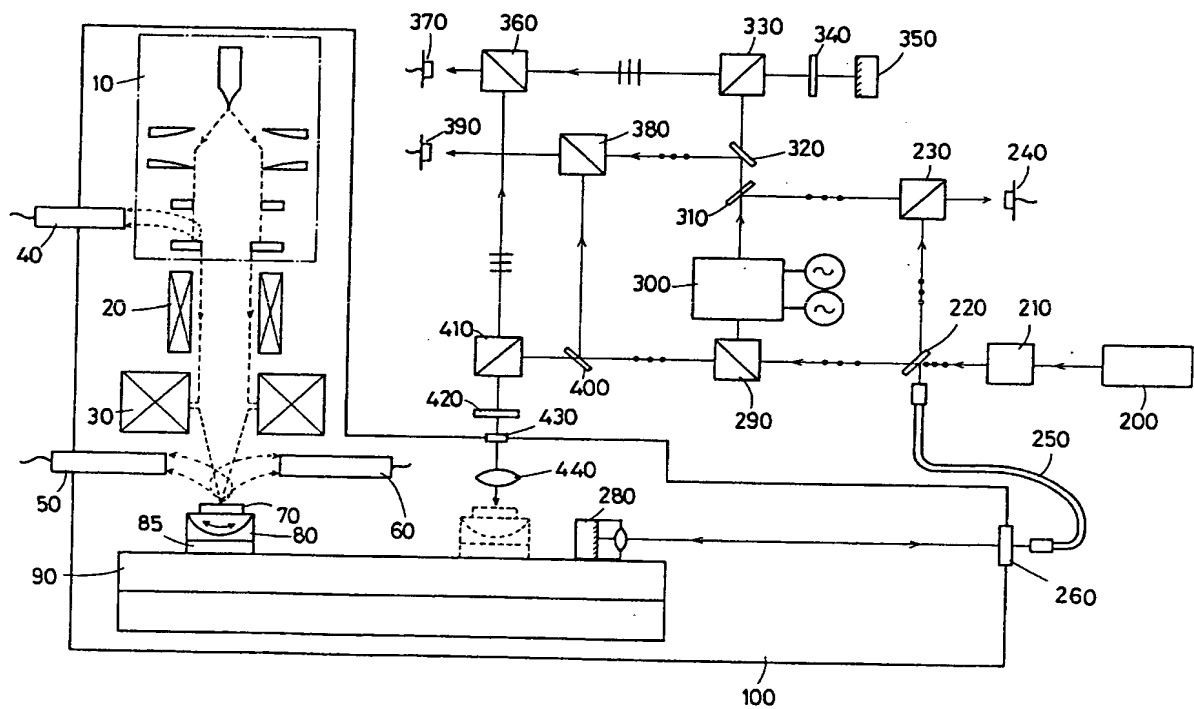
特許出願人

ブラザー工業株式会社

取締役社長 安井義博



第3図



第1図

